



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 198 26 422 A 1**

⑯ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 61 K 9/12**

G 01 B 7/30  
G 01 P 9/00  
G 01 M 17/10  
G 01 M 7/00  
G 01 M 13/00

⑯ Aktenzeichen: 198 26 422.4  
⑯ Anmeldetag: 16. 6. 98  
⑯ Offenlegungstag: 9. 12. 99

⑯ Innere Priorität:

298 10 047. 9 05. 06. 98

⑯ Erfinder:

gleich Anmelder

⑯ Anmelder:

Woop, Bernd, 66265 Heusweiler, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

DE 25 07 645 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Kombiniertes Sensorsystem zur kontinuierlichen Kontrolle der Radsätze von Schienenfahrzeugen auf mechanische Defekte und fehlerhaften Radlauf, sowie Detektion von gefährlichen Fahrzuständen

⑯ Die Erfindung betrifft eine Sicherheitsüberwachungsvorrichtung für Schienenfahrzeuge, mit deren Hilfe die Räder und Radreifen während der Fahrt kontinuierlich auf Risse und Schäden, sowie die Räder und Drehgestelle auf korrekten Radlauf überprüft werden. Weiterhin wird kontinuierlich die Vertikalbeschleunigung, die Längsbeschleunigung und die Querbeschleunigung, welchen die Wagenaufbauten ausgesetzt sind, detektiert, analysiert und ausgewertet. Die Überwachungsvorrichtung besteht aus der Kombination von mehreren, nach unterschiedlichen Verfahren und Technologien arbeitenden Sensoren, wobei die Signalerfassung und Analyse der Sensordaten mittels einer, in jedem Wagen vorhanden, elektronischen Betriebsstörungserfassungseinrichtung erfolgt. Das Ergebnis der Sensordatenauswertung wird über eine Datenleitung an den Führerstand der Lokomotive übermittelt.

Als wesentlicher Teil der Erfindung wird,  
a) ein Wirbelstrom-Magnetfeldsensor beschrieben, welcher Risse und Beschädigungen am Radreifen während der Fahrt erkennt,  
b) ein Entgleisungsdetektor beschrieben, welcher den korrekten Radlauf detektiert und als Radar-Dopplersensor ausgeführt ist.

**DE 198 26 422 A 1**

**DE 198 26 422 A 1**

## Beschreibung

Wie sich bei einem Unfall herausstellt, fahren Schienenfahrzeuge, insbesondere die Hochgeschwindigkeitszüge, trotz teilweise aufwendiger Sicherheitseinrichtungen ohne ein Kontrollsysteem, welches Radschäden detektiert und Entgleisungen einzelner Radsätze bzw. ganzer Drehgestelle erkennt. Um diesen Sachverhalt zu verbessern, wird ein kombiniertes Sensorsystem, einschließlich Sicherheits-Datenkommunikationseinrichtung beschrieben, welches die Erfassung und Verteilung wichtiger Sicherheits- und Radlaufdaten ermöglicht. Innerhalb des Sensorsystems wird ein Wirbelstrom-/Magnetfeldsensor beschrieben, welcher während der Fahrt Risse und Beschädigungen am Radreifen erkennt.

Die besondere Stärke des beschriebenen Systems liegt in der Kombination unterschiedlicher Sensorarten zu einer in sich geschlossenen Sicherheitseinrichtung, welche die wichtigsten und gefährlichsten Raddefekte und Störungen der Fahrdynamik erkennt, noch bevor ein gefährlicher Störfall eintritt. Bisher bekannte Schutzeinrichtungen überprüfen lediglich die Temperatur der Radlager mit Temperaturfühlem oder Infrarotsensoren, Verschleiß oder Defekte der Radlager durch Körperschallsensoren, sowie das Vorhandensein der Radreifen durch Magnetschalter oder Lichtschranken. Weiterhin werden mechanische Fühler und Schalter zur Erkennung von Defekten und mechanischer Abnutzung eingesetzt. Der Vorteil der hier beschriebenen Einrichtung gegenüber Verfahren, welche lediglich das Vorhandensein des Radreifens oder den bereits erfolgten Radbruch erkennen, liegt in der Detektion von Materialfehlern oder Defekten bereits in der Entstehungsphase, noch bevor z. B. der Radreifen bricht. Das System erhöht dadurch sowohl die Betriebssicherheit, als auch die Verfügbarkeit der damit ausgerüsteten Zugeinheiten, wobei gleichzeitig die Betriebs- und Wartungskosten vermindert werden. Das System besteht aus der Kombination von bewährten Schutzeinrichtungen in Verbindung mit neuen Sensoren und Technologien, sowie neuen Anwendungs- und Einsatzbereichen bekannter Technologien.

## 1. Detektion von Materialdefekten und Haarrissen

1.1 Die Radreifen (Pos. 4) werden während der Fahrt mittels Wirbelstromsensoren bzw. Magnetfeldsensoren (Pos. 7, Pos. 10.1–5) auf Bruch und Risse überprüft. Diese Überprüfung geschieht kontinuierlich, auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten. Hierbei wird das einzelne Rad (Pos. 3/4) partiell von einem Magnetfeld beeinflusst, welches von einem nahe dem Radreifen (Pos. 4) montierten Wirbelstrom-Magnetfeldsensor erzeugt wird. Wenn sich das Rad dreht, werden die äußeren Radsegmente (Pos. 4) fortlaufend von dem Magnetfeld des Sensors (Pos. 7, Pos. 10.1–5) durchflossen, wodurch sich im entsprechenden Bereich Wirbelströme ausbilden. Bei intaktem Radreifen (Pos. 4) wandert dieser Bereich der magnetischen Beeinflussung und der Ausbildung von Wirbelströmen entsprechend der Raddrehung gleichmäßig um den kpl. Radumfang. Wenn nun jedoch Haarrisse oder auch größere Schäden am Radreifen entstehen, wird an diesen Stellen sowohl der Magnetfluß, als auch die Ausbildung von Wirbelströmen gestört. Diese Störung wird von einem Sensor erfasst und in einer Auswerteeinheit mit nachgeschaltetem Computer analysiert.

1.2 Defekte der Radlager (Pos. 5) werden von Körperschallsensoren (Pos. 6) mit nachgeschalteter Signalverarbeitung aufgespürt. Hierbei werden die Lagergeräusche kontinuierlich analysiert und mit den charakteristischen Signalen des neuen Lagers verglichen. Die Signalanalyse erfolgt in

der spektralen Frequenzverteilung und dem Amplitudenverlauf der vom Lager verursachten Schwingungen und Körpergeräusche. Wenn das Lager einen bestimmten Abnutzungsgrad überschreitet oder einen Akutschaden aufweist, wird dies erkannt und dem Lokführer angezeigt. Dieses bekannte Verfahren wird um neue Komponenten in der Signalauswertung ergänzt, wodurch zusätzlich das Laufverhalten des Rades, sowie der korrekte Schienenkontakt (Pos. 1/4) detektiert werden kann.

10 1.3 Die Radlager-Temperaturen (Pos. 5) werden gemäß bekanntem Verfahren durch jeweils einen Temperatursensor pro Radlager gemessen.

14 1.4 Der Zusammenhalt des Zugverbundes wird gemäß bekanntem Verfahren durch das Auswerten der Daten, einer den ganzen Zug durchlaufenden Daten-Ringleitung ermittelt. Hierbei wird eine Datenleitung von der ziehenden Lokomotive durch alle Wagen bis zur schiebenden Lokomotive oder den letzten Wagen geschleift. An diesen Datenbus sind alle Wagen und Lokomotiven durch jeweils ein Wagenkontrollgerät angeschlossen, welches die Elektronik für die Signalanalyse und Signalauswertung der Sensoren beinhaltet. Mittels einer Funkverbindung vom letzten Wagen bzw. der hinteren Lokomotive zur ziehenden Lokomotive wird der Datenring geschlossen. Wenn nun der Zugverbund und damit die Datenringleitung durch einen Unfall oder technischen Defekt unterbrochen wird, erkennt das System dies durch das Ausbleiben der entsprechenden Sensordaten. Die Funkverbindung sichert in diesem Fall die Datenverbindung zum Zugende und dem verbleibenden hinteren Zugabschnitt. Weiterhin können vom Lokführer über diese Funkverbindung Steuer- und Bremsbefehle zum Zugende übermittelt werden.

## 2. Erschütterungen bei Entgleisungen

35 2.1 Die am Radlager (Pos. 5) montierten Körperschallsensoren (Pos. 6) erfassen zusätzlich zu den Lagergeräuschen bzw. Lagerschäden natürlich auch die Erschütterungen und den Körperschall welcher entsteht, wenn das Rad entgleist und über das Schotterbett oder die Schwellen rollt. Diese Signale werden von der Auswertelektronik ausgewertet und das Ergebnis zum Lokführer weitergeleitet. Die Auswertelektronik enthält spezielle Computerprogramme und Routinen, welche das Sensorsignal auf korrekten Radlauf, sowie korrekten Schienenkontakt untersucht.

40 2.2 Die im Wagenaufbau über den Drehgestellen montierten Beschleunigungssensoren erfassen die mechanische Beschleunigung in allen drei Achsen. Damit werden die Erschütterungen und Stöße erfaßt, welche entstehen, wenn das Fahrzeug entgleist und über das Schotterbett oder die Schwellen rollt. Diese Signale werden ausgewertet und zur Störungsunterdrückung mit den Daten nach 2.1 verglichen.

## 3. Längs- und Querbeschleunigung – Schlingerbewegung

55 3.1 Die im Wagenaufbau über den Drehgestellen montierten Beschleunigungssensoren erfassen alle Schaukel- und Schlingerbewegungen jedes einzelnen Fahrzeugs. Durch die Auswertung dieser Daten, kann das gefährliche Aufschaukeln des Wagenaufbaus noch im Entstehungsstadium erkannt werden. Somit kann der Zugführer durch das rechtzeitige Einleiten von Gegenmaßnahmen, z. B. leichtes Bremsen, die Situation leicht entschärfen, noch bevor eine bedrohliche Situation eintritt. Weiterhin wird der Komfort der Fahrgäste durch die Verhinderung unkontrollierter Wagenbewegungen erheblich gesteigert, was die Akzeptanz des entsprechend ausgerüsteten Schienenfahrzeugs erheblich verbessert.

## 4. Schienenkontakt – Radlauf

4.1 Der korrekte Radlauf wird mittels eines Radar-Dopplersensors (Pos. 8) überprüft. Dies geschieht kontinuierlich auch bei den Höchstgeschwindigkeiten des Zuges. Hierzu ist ein Radar-Dopplersensor (Pos. 8) so über dem Gleis angeordnet, daß der gebündelte Strahl (Pos. 9) auf die Lauffläche des Schienenprofils (Pos. 1) strahlt. Der Radar-Dopplersensor sendet ein kontinuierliches Hochfrequenzsignal auf die Schienenlauffläche. Das vom Gleis (Pos. 1) reflektierte Signal ist gemäß dem Dopplereffekt Frequenz- und Phasenverschoben. Dieses Signal wird im Radar-Dopplersensor mit dem Sendesignal gemischt, wobei ein Niederfrequenzsignal entsteht, welches die geometrische Beschaffenheit der abgetasteten Oberfläche widerspiegelt. Wird das Hochfrequenzsignal gepulst, kann zusätzlich zu den im Dopplersignal enthaltenen Informationen aus der Signallaufzeit der Abstand zwischen Sensor und Gleisoberfläche ermittelt werden.

Solange die Radachse korrekt auf den Schienen läuft, wird das von der Schiene reflektierte Signal, welches gemäß dem Dopplereffekt nur minimale Frequenzsprünge aufweist, von dem Sensor empfangen und ausgewertet. In diesem Falle ist die Frequenzverschiebung kontinuierlich gleichmäßig. Lediglich beim Überfahren von Weichen und Dehnungsfugen tritt eine kurzzeitige sprunghafte Frequenzverschiebung auf, welche vom System erkannt und ausgebendet wird. Im Falle der Entgleisung einer Radachse oder des kpl. Drehgestelles befindet sich der Sensor nicht mehr korrekt über der Schienenlauffläche. Dadurch strahlt der Radar-Dopplersensor entweder auf das Kiesbett, auf die Schwelle oder leicht am Schienenkopf vorbei auf die Befestigungsschrauben. In diesen Fällen ist das reflektierte Signal jedoch mit entsprechenden Frequenz- und Phasensprüngen behaftet. Diese hochfrequenten Frequenz- und Phasensprünge werden im Dopplersensor in ein Niederfrequenzsignal umgewandelt und der Auswertelektronik, welche Bestandteil des Wagenkontrollgerätes ist, übermittelt. Hier wird das Signal mit den Soll- und Toleranzdaten verglichen und bei Überschreitung der Toleranzen das Entgleisungs-Alarmsignal generiert.

## Patentansprüche

1. Kombiniertes Sensorsystem zur kontinuierlichen Kontrolle der Radsätze auf mechanische Defekte, sowie korrekten Schienenkontakt. Dadurch gekennzeichnet, daß jedes Rad (Pos. 3) mittels eines Wirbelstrom- bzw. Magnetfeldsensors auf mechanische Defekte des Radreifens (Pos. 4) und jeder Radsatz oder jedes Drehgestell (Pos. 2) durch einen Radar-Dopplersensor (Pos. 8) auf korrekten Radlauf überprüft wird. Weiterhin **durch gekennzeichnet**, daß jedes Radlager (Pos. 5) durch einen Körperschallsensor (Pos. 6) auf Lagerdefekte, sowie unzulässige Laufgeräusche und Erschütterungen überwacht wird. Ein in jedem Wagen installierter dreidimensionaler Beschleunigungssensor detektiert Erschütterungen, sowie Längsbeschleunigungen und Querbeschleunigungen, welchen die Wagenaufbauten ausgesetzt sind. Der Einsatz liegt im Bereich der Schienenfahrzeuge, hier besonders im Bereich der Hochgeschwindigkeitszüge.

2. Vorrichtung gemäß Schutzzanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der Wirbelstromsensor/Magnetfeldsensor (Pos. 7) aus einem U-förmigem Eisenkern besteht, auf welchen zwei getrennte Drahtwicklungen aufgebracht sind. Wicklung A wird durch einen Gleichstrom durchflossen, welcher ein Magnetfeld er-

zeugt, das auf den Radreifen einwirkt. Wicklung B stellt die Sensorwicklung dar, welche die von Raddefekten (Risse, Ausbrüche des Radreifens) verursachten Magnetflußänderungen detektiert. Der U-förmige Eisenkern mit den Drahtwicklungen wird so nahe an dem Radreifen (Pos. 4) montiert, daß durch den Sensor eine magnetische Beeinflussung des Rades erfolgt und das Magnetfeld, welches den äußeren Radreifen durchdringt, detektiert werden kann. Die in der Sensorwicklung durch Materialfehler und Risse induzierten Signale (Impulse) werden einer Auswertelektronik zur Weiterverarbeitung zugeführt.

3. Vorrichtung gemäß Schutzzanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß der Wirbelstromsensor/Magnetfeldsensor (Fig. 2) aus einem Elektromagneten mit U-förmigem Eisenkern (Pos. 10.1) und einer mechanisch und magnetisch getrennten Sensorwicklung, (Pos. 10.5) ebenfalls mit U-förmigem Eisenkern (Pos. 10.4) besteht. Die Sensorwicklung ist zusammen mit ihrem Eisenkern innerhalb der Schenkel des U-förmigen Elektromagneten angeordnet. Hierbei ist die Sensorwicklung einschließlich Eisenkern durch eine Abschirmhaube aus Mu-Metall (Pos. 10.3) vom Elektromagneten magnetisch abgeschirmt und kann nur über die beiden Pole des Eisenkerns, welche nahe dem Radreifen (Pos. 4) angeordnet sind, magnetisch angeregt werden. Die Wicklung des Elektromagneten (Pos. 10.2) wird von Gleichstrom durchflossen, wodurch ein Magnetfeld erzeugt wird, das auf den Radreifen einwirkt. Die Sensorwicklung detektiert die von Raddefekten (Risse, Ausbrüche des Radreifens) verursachten Magnetflußänderungen. Der Elektromagnet mit der innenliegenden Sensorwicklung wird so nahe an dem Radreifen montiert, daß durch den Sensor eine magnetische Beeinflussung des Rades erfolgt, und das Magnetfeld, welches den äußeren Radreifen durchdringt, detektiert werden kann. Die in der Sensorwicklung durch Materialfehler und Risse induzierten Signale (Impulse) werden einer Auswertelektronik zur Weiterverarbeitung zugeführt.

4. Vorrichtung gemäß Schutzzanspruch 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorwicklung durch einen magnetoinsensitiven Halbleiterbaustein, eine sogenannte Hall-Linearsonde ersetzt wird. Der Hall-Linear sensor ist innerhalb der Schenkel des U-förmigen Elektromagneten angeordnet und durch eine Abschirmhaube aus Mu-Metall vom Elektromagneten magnetisch abgeschirmt. Eine magnetische Beeinflussung kann nur über die zum Rad weisende Öffnung der Abschirmung erfolgen. Die Wicklung des U-förmigen Elektromagneten wird von Gleichstrom durchflossen, wodurch ein Magnetfeld erzeugt wird, welches auf den Radreifen einwirkt. Die Hall-Linearsonde detektiert die von Raddefekten (Risse, Ausbrüche des Radreifens) verursachten Magnetflußänderungen. Der Elektromagnet mit der innenliegenden Hall-Linearsonde wird so nahe an dem Radreifen montiert, daß durch den Sensor eine magnetische Beeinflussung des Rades erfolgt und das Magnetfeld, welches den äußeren Radreifen durchdringt, detektiert werden kann. Die durch Materialfehler und Risse verursachten Magnetfeldsprünge werden von der Hall-Linearsonde detektiert und einer Auswertelektronik zur Weiterverarbeitung zugeführt.

5. Vorrichtung gemäß dem Schutzzanspruch 4 dadurch gekennzeichnet, daß eine unterschiedliche Anzahl von Hall-Linearsonoren innerhalb, sowie außerhalb des Elektromagneten angeordnet sind. In dieser Version werden z. B. mehrere Hall-Linearsonoren über die ge-

samte Radbreite verteilt eingesetzt, wobei eine Auflösung von ca. 5 mm erreicht werden kann.

6. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 2 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß der Wirbelstromsensor/ Magnetfeldsensor in regelmäßigen Abständen entmagnetisiert wird. Dazu wird die Erregerwicklung des Elektromagneten jeweils einige Sekunden von Wechselstrom durchflossen. Des Weiteren wird der Sensor durch Schmutzabstreifbleche vor Ablagerungen geschützt, welche sich auf dem Rad festsetzen können. 5

7. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß Risse und Brüche im Radreifen magnetische Fehlstellen darstellen. Diese Fehlstellen beeinflussen den Magnetfluß im Radreifen und induzieren daher in der Sensorwicklung bzw. dem Hall-Linarsensor des Wirbelstrom- bzw. Magnetfeldsensors ein Signal, welches in einer nachfolgenden Elektronik detektiert und ausgewertet wird. Voraussetzung der magnetischen Fehlstellendetektion ist, daß das sich drehende Rad durch ein externes permanentes oder wechselndes Magnetfeld partiell erregt wird. 10

8. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 2 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß der mechanische Abstand des Magnetfelderregers, sowie des Sensors zum Radreifen veränderbar ist, um so die Abnutzung des Radreifens auszugleichen. Die Einstellung des Abstandes erfolgt innerhalb der zyklischen Wartung durch das Wartungspersonal. 15

9. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 8 dadurch gekennzeichnet, daß der mechanische Abstand des Magnetfelderregers, sowie der Sensorspule zum Radreifen durch eine motorische Verstellvorrichtung automatisch nachgeregelt wird. Die Ermittlung des korrekten Abstandes erfolgt beim Halten des Zuges mittels eines Ultraschallsensors oder einer mechanischen Tasteinrichtung. Die Steuerung der Verstellvorrichtung erfolgt durch eine entsprechende Elektronik. 20

10. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß an jedem Radlager (Pos. 5) ein Körperschallsensor (Pos. 6) angebracht ist. Dieser Körperschallsensor detektiert mechanische Schwingungen in einem Frequenzbereich von 0 Hz bis ca. 20 KHz und erkennt sowohl die vom Radlager erzeugten Schwingungen als auch die Laufgeräusche, welche zwischen Rad und Schiene entstehen. Dadurch werden sowohl Lagerschäden, als auch Unregelmäßigkeiten im Kontaktbereich Rad/Schiene detektiert. 25

11. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 10 dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschallsensor (Pos. 6) die Rumpelgeräusche detektiert, welche entstehen wenn der Radreifen (Pos. 4) mechanisch beschädigt ist (Unwucht oder ausgebrochene Stellen) oder wenn das Rad entgleist und über die Schwellen oder das Kiesbett rollt. 30

12. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 10 und 11 dadurch gekennzeichnet, daß die vom Körperschallsensor (Pos. 6) detektierten Lauf- und Lagergeräusche in einer nachfolgenden Elektronik analysiert werden. Die Analyse des Signales erfolgt sowohl in der spektralen Frequenzverteilung als auch im Amplitudenverlauf der mechanischen Schwingungen. Bei Überschreitung der vorgegebenen Grenzwerte wird Alarm ausgelöst und weitergeleitet. Die Auswerteelektronik kann sowohl Bestandteil des Wagen-Kontrollgerätes sein, als auch als Einzelektronik dem Körperschallsensor zugeordnet sein. 35

13. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß an jedem Drehgestell (Pos. 2) oder

Radsatz des Zuges mindestens ein Radar-Dopplersensor (Pos. 8) installiert ist, welcher kontinuierlich den korrekten Abstand und die relative räumliche Anordnung des Rades (Pos. 4) zur Schienenlauffläche detektiert. Der Radar-Dopplersensor sendet ein eng gebündeltes, kontinuierliches oder gepulstes Hochfrequenzsignal (Pos. 9) auf die Schienenlauffläche (Pos. 1). Solange die Radachse korrekt auf den Schienen läuft, wird das von der Schiene reflektierte Signal, welches gemäß dem Dopplereffekt nur minimale Frequenzsprünge aufweist, von dem Sensor empfangen und ausgewertet. In diesem Falle ist die Frequenzverschiebung kontinuierlich gleichmäßig. Lediglich beim Überfahren von Weichen und Dehnungsfugen tritt eine kurzzeitige sprunghafte Frequenzverschiebung auf, welche vom System erkannt und ausgeblendet wird. Im Falle der Entgleisung einer Radachse oder des kpl. Drehgestelles befindet sich der Sensor nicht mehr korrekt über der Schienenlauffläche. Dadurch strahlt der Radar-Dopplersensor entweder auf das Kiesbett, auf die Schwellen oder leicht am Schienenkopf vorbei auf die Befestigungsschrauben. In diesen Fällen ist das reflektierte Signal jedoch mit entsprechenden Frequenz- und Phasensprüngen behaftet. Diese hochfrequenten Frequenz- und Phasensprünge werden im Dopplersensor in ein Niederfrequenzsignal umgewandelt und der Auswerteelektronik, welche Bestandteil des Wagenkontrollgerätes ist, übermittelt. Hier wird das Signal mit den Soll- und Toleranzdaten verglichen und bei Überschreitung der Toleranzen das Entgleisungs-Alarm signal generiert. Der Schutzanspruch wird auf den beschriebenen Einsatz des Radar-Dopplersensors für diese spezielle Anwendung erhoben. Die grundsätzliche Funktionsweise des Radar-Dopplersensors ist Stand der Technik und deshalb nicht Gegenstand des Schutzbegehrungs. 40

14. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Wagenaufbau ein bis zwei Stück dreidimensional wirkende Beschleunigungssensoren oberhalb der Drehgestelle bzw. Räder montiert sind. Diese Sensoren detektieren die Fliehkräfte, Erschütterungen und Schwingungen, welchen der Wagenaufbau ausgesetzt ist. Die drei Ausgangssignale der Beschleunigungssensoren werden über Kabel zum zentralen Wagenkontrollgerät geführt, wo die Signalauswertung stattfindet. Optional kann ein Stück Beschleunigungssensor auch direkt im Wagenkontrollgerät (Schutzanspruch 15) eingebaut sein. 45

15. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die von den Sensoren gemäß Schutzanspruch 2 bis 14 detektierten Signale, mittels Koaxialkabel oder Lichtwellenleiter, zu einem zentralen Wagenkontrollgerät geführt werden. Das Wagenkontrollgerät, welches in jedem Wagen oder jeder Lokomotive vorhanden ist, beinhaltet die aus einem Spektrumanalysator bestehende Auswerteelektronik für die Körperschallsensoren, sowie die Auswerteelektroniken für die Wirbelstromsensoren, die Radar-Dopplersensoren und die Beschleunigungssensoren. Alle Wagenkontrollgeräte eines Zuges sind durch eine Datenleitung (Ringleitung) miteinander verbunden, über welche der gegenseitige Datenaustausch stattfindet. Weiterhin ist ein Computer integriert, welcher die aufbereiteten Sensorsignale analysiert, mit den Soll- bzw. Toleranzdaten vergleicht und bei erkanntem Störfall dem Lokführer eine Alarmmeldung sendet. Optional kann der Notbremsbefehl ausgegeben werden, wenn der Lokführer nicht innerhalb einer definierten Zeit ein Quittungssi- 50

gnal zurücksendet.

16. Vorrichtung gemäß Schutzanspruch 15 dadurch gekennzeichnet, daß die in den Lokomotiven eingebauten Wagenkontrollgeräte über eine Bedientastatur und eine Datenanzeige verfügen. Weiterhin verfügen sie über eine Funkverbindung, welche die direkte Datenkommunikation zwischen den beiden Lokomotiven bzw. zwischen der ziehenden Lokomotive und dem letzten Wagen erlaubt. Diese Funkverbindung stellt die Datenkommunikation zum hinteren Zugsegment sicher, wenn die Drahtverbindung durch Unfall oder technische Störung unterbrochen ist. 5 10

17. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 15 und 16 dadurch gekennzeichnet, daß der Computer durch ein Computerprogramm gesteuert wird. Dieses Programm analysiert die Sensorsdaten, vergleicht die Ergebnisse mit vorgegebenen Toleranzen, bewertet die Ergebnisse, koordiniert den Datentransfer mit den anderen Wagenkontrollgeräten, gibt das Alarmsignal auf die Datenleitung aus und leitet die Notbremsung des Zuges ein, wenn die Datenleitung durch einen Unfall unterbrochen wird. Das Computerprogramm beinhaltet insbesondere Regeln und Algorithmen, welche das physikalische Verhalten des Verkehrssystems Schienenfahrzeug beschreiben. Durch die Anwendung dieser Modelle, kann deshalb in Verbindung mit der kombinatorischen Erfassung und Auswertung aller Sensorsdaten, die Ansprechempfindlichkeit des Sicherheitssystems optimiert werden, wobei gleichzeitig die Fehlalarmierung minimiert wird. 20 25

18. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 1 bis 16 dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorsignale der einzelnen Achsen bzw. Drehgestelle in einer abgesetzten Elektronik zusammengefaßt und der Auswertelektronik im Wagenkontrollgerät im Multiplexverfahren zugeführt werden. 30 35

19. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 10, 11 und 12 dadurch gekennzeichnet, daß der am Radlager (Pos. 5) montierte Körperschallsensor (Pos. 6) mit der Signalverarbeitungselektronik mechanisch und funktionell kombiniert wird. Hierbei können der Körperschallsensor und die Auswertelektronik sowohl in getrennten Gehäusen, als auch in einem gemeinsamen Gehäuse montiert sein. Die Erkennung des Störfalles erfolgt durch die Analyse der Signalstärke (Amplitude) sowie durch die Analyse der spektralen Verteilung des vom Körperschallsensor (Pos. 6) aufgenommenen Frequenzgemisches. Die signalverarbeitende Elektronik besteht aus einem Spektrumanalysator, einem Analog-Digitalwandler, einem Steuercomputer und einer Ausgabeelektronik. Der Steuercomputer analysiert das Eingangssignal gemäß den Vorgaben des steuernden Computerprogrammes und gibt das Analyseergebnis an einer Schnittstelle zur Weiterverarbeitung aus. 40 45 50

20. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 1 bis 19 dadurch gekennzeichnet, daß die beschriebenen Schutzvorrichtungen bei jeder Zugform und Zugtyp einschließlich Güterzug, Untergrundbahn, Stadtbahn und Straßenbahn angewandt werden können. 55

21. Vorrichtung gemäß den Schutzansprüchen 1 bis 20 dadurch gekennzeichnet, daß der Wirbelstromsensor/ Magnetfeldsensor, der Körperschallsensor und der Radar-Dopplersensor einschließlich der Auswertelektroniken auch jeweils separat, ohne das Vorhandensein der anderen Sensortypen in der beschriebenen Anwendung betrieben werden können. Diese Anwendung beschränkt sich nicht auf den Einsatz bei Schienenfahr- 60 65

zeugen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

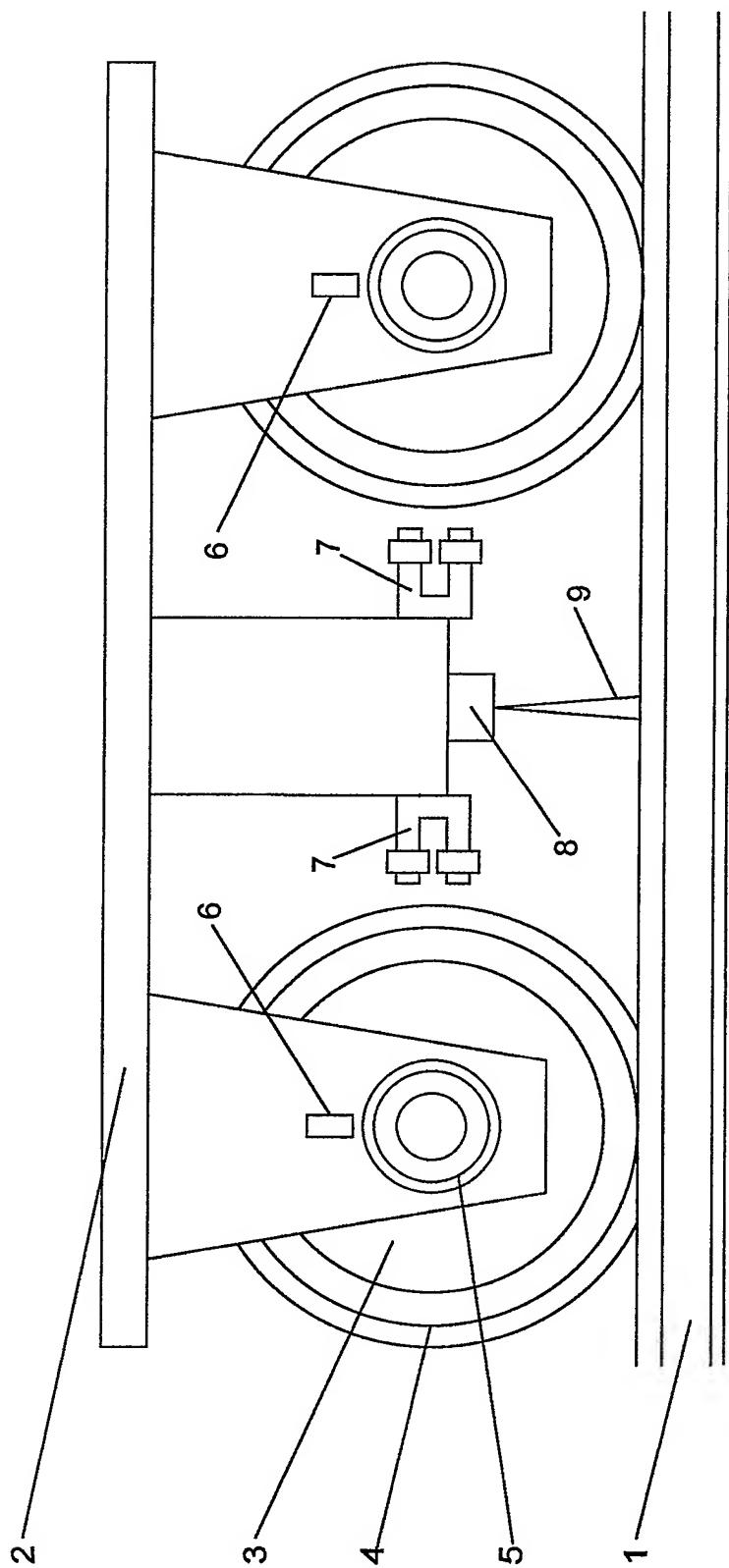


Fig. 1

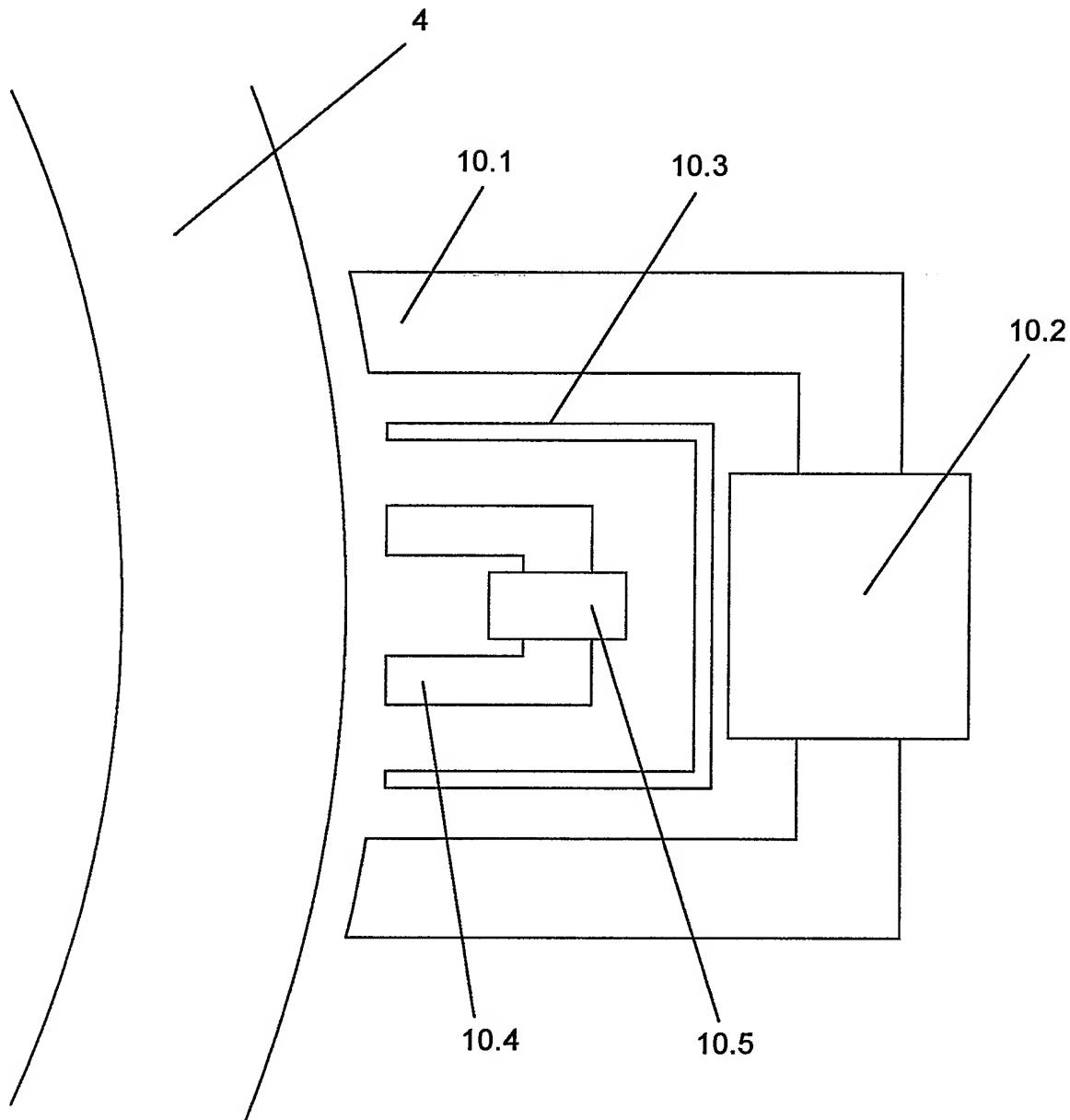


Fig. 2